臺灣玉米品種改良之成就與展望

盧 煌 勝
臺灣省農業試驗所

摘 要

臺灣在以水稻生產爲主的耕作制度之下，玉米原爲山坡地及旱地間作的小作物，隨著農業發展方向的改變，玉米的需求量不斷增加，用途也朝向多樣化拓展。四十多年來，臺灣玉米研究人員努力收集種源，運用各種遺傳育種策略，已先後育成飼料玉米十個品種、食用玉米七個品種、以及青割玉米二個品種，其他相關的研究成果也頗爲豐碩。展望未來，降低生產成本、維護環境品質、善用日漸枯竭的水資源及開發更具競爭能力之特殊用途產品，都將是非常重要的目標。因此，育成具多種病蟲害抵抗性、低肥條件下生長良好、適合機械管理及耐旱性強之多樣玉米品種，應屬必要。

關鍵詞：玉米，品種改良。

前 言

玉米是最主要的糧食與飼料作物之一，1955年以前，臺灣年產玉米約在一萬公噸上下，當時適可自給自足。其後，經濟結構發生變化，臺灣農業發展方向也跟著改變；由一般種植農業走向養殖農業，同時畜牧業的經營方式，也漸漸的由過去的儲蓄式、小規模之經營方式，轉變爲大規模集約化之經營。這種專業化經營畜牧業，除了飼料技術改進及品種改良外，飼料也由傳統之甘藷、米穀飼料而變成綜合飼料。玉米成份佔一般綜合飼料成分的60-70% 左右。因此，玉米之需求激增，在國內玉米生產量不及需要量的情況下，開始自國外進口大量玉米(盧及萬，1980)。1958年以後，臺灣玉米生產量已逐年提高，1984年實施稻田轉作計畫，栽培面積愈加快速成長，1990年已達六萬五千餘公頃，平均公頃產量爲4,252公斤，年產量高達二十八萬三千餘公噸(圖1及2)。玉米增產成功，品種改良與栽培技術改進都扮演著極重要的角色(臺灣省政府主計處，1990；農林廳，1954-1994)。

臺灣早期之食用玉米以馬齒種臺南白爲主；在部分山地，原住民亦栽植紅色硬粒種、深紅馬齒種、山地紅、山地紫等天然混交種。1956年及1959年農復會自美國先後引進二天然混交種夏威夷甜玉米(Hawaiian sweet

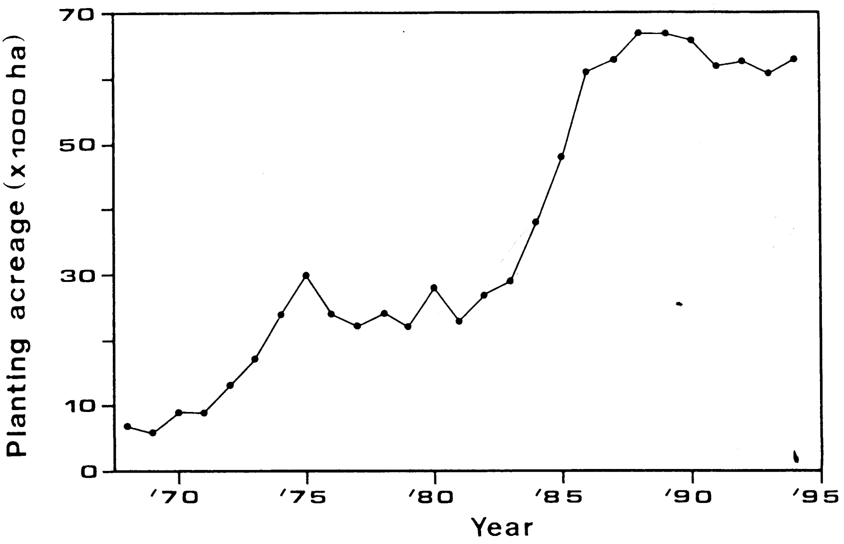

Fig. 1. Annual planting acreage of field maize.

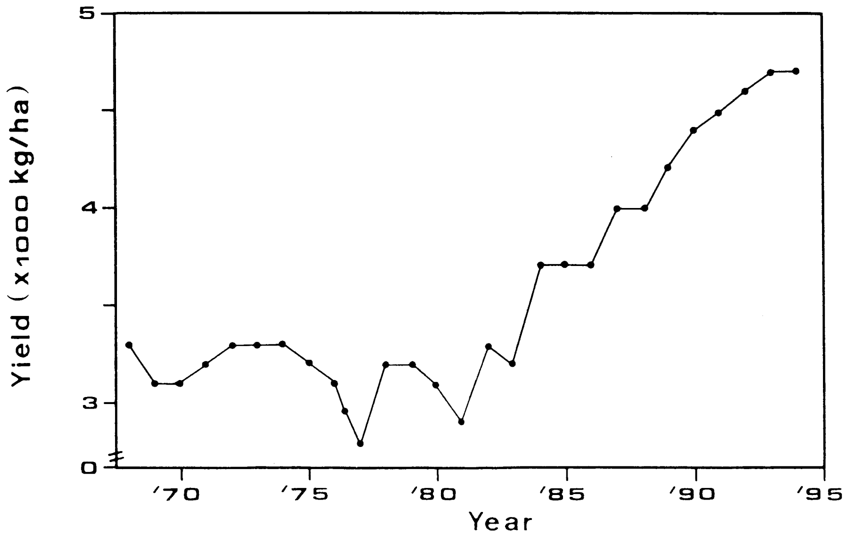

Fig. 2. Annual average yield of field maize.

corn) 及美國甜玉米 34 號 (USDA-34) 在臺灣推廣 (鄭，1963)，食用玉米每年栽種面積維持於一、二萬公頃之間，公頃產量以鮮果穗計，約在 7,000 公斤上下 (圖 3 及 4)。臺南白植株高大，生長旺盛，籽粒大而具有特殊風味，唯經長期栽培及農民自行留種之結果，其已形成各種不同之族群，在臺灣不同地區環境下，其果穗外型及鮮穗產量已有極大變異，在講究提昇品質的現代，進一步改良乃屬必要 (黃等，1989；黃等，1990b；黃，1993a, 1991b；楊及黃，1991)。另外，目前已發現之胚乳突變基因 (endosperm mutant) 約有十餘種，而國內學術研究機關已將 su (sugary)、wx (waxy)、o_2(opaque-2)、fl_2 (floury-2)、sh_2 (shrunken-2) 及 bt (brittle) 應用於玉米品種改良之中 (萬等，1968；萬等，1978, 1981；謝等，1986；蔡，1993；陳與劉，1984a；劉與陳，1985b；Huang，1987；劉等，1990)。

臺灣乳牛業者利用玉米植株取代部分牧草餵養牛隻已行之多年，此乃因牧草生產受氣候所限，夏季充裕而冬季不足，另一方面也因爲玉米所含營養成分較高，乳牛食之所產牛奶質佳量高，故玉米受酪農歡迎乃成必然趨勢。近年來，頗多農家種植臺南白 、臺農 1 號及 XL678 等作爲青割玉米，臺南白及臺農 1 號之鮮草產量尙不夠理想，而自國外進口之 XL678 產量不錯 ，唯種子受制於人，供應上較不方便。因此，青割玉米品種之選育已爲刻不容緩的工作項目。

本文將針對過去臺灣玉米之品種改良及與遺傳育種相關之研究成果作一介紹；並對大環境改變後，未來研究方向之調整提出一些看法，希望對有志於玉米育種工作者有一些幫助。

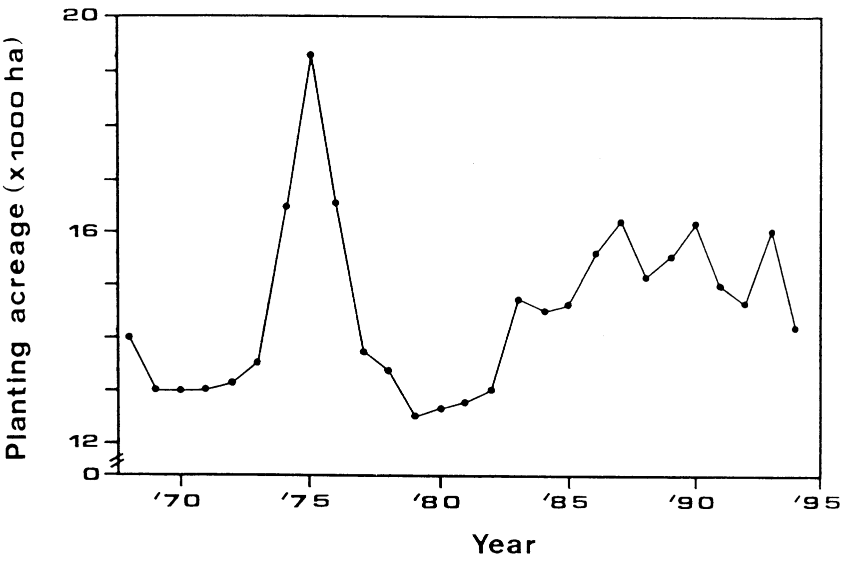

Fig. 3. Annual planting acreage of green maize.

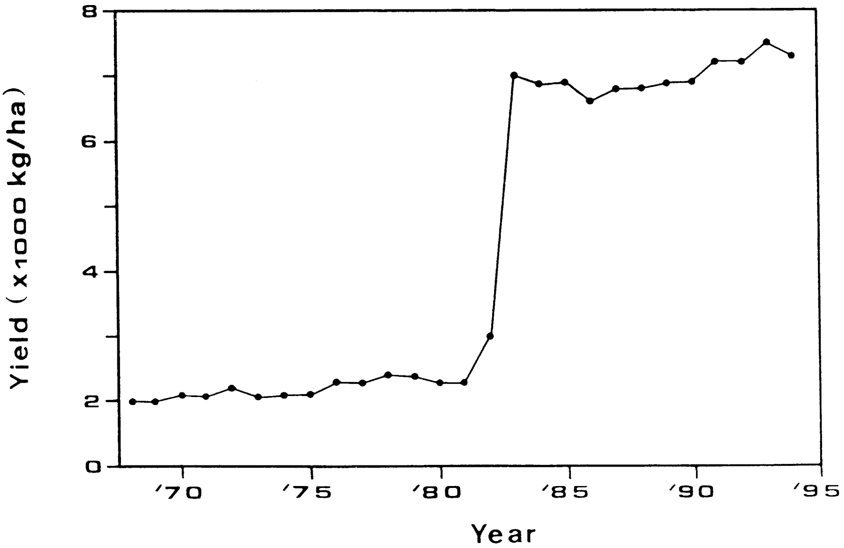

Fig. 4. Annual average yield of green maize.

品種改良成果

臺灣玉米品種改良成果，將分成飼料玉米、用食用玉米、青割玉米及其他相關研究四個部分介紹：

一、飼料玉米

玉米原爲臺灣坡地及旱地間作的小作物，早期栽培作爲飼料的玉米，如臺南白 (15 % 飼料用，85% 食用)、白色硬粒種 (50% 飼料用，50% 食用)、橘黃硬粒種 (95% 飼料用，5% 食用)、淡紅馬齒種等均爲天然混交種 (鄭，1963)。臺南場於 1953 年展開玉米育種工作，隨後成立玉米研究中心爲專責單位 (分場)，農試所亦於 1970 年秋開始玉米試驗研究工作。隨著不同耕作方式的轉變，研究人員之育種策略亦跟著作階段性的調整，如早熟性、病蟲害抵抗性、高產量、抗倒伏等等，兩個機關先後共育成了十個飼料玉米品種 (表 1)。

就雜交種類別來分，其中三個爲單交種 (臺農 351 號、臺南 17 號及臺農 1 號)，六個爲雙交種 (臺南 5、8、9、11、12 及 16 號)，一個爲綜合品種。以粒型分之，屬於馬齒種的有二個 (臺南 5 及 10 號)，屬硬粒種的有三個 (臺南 8、11 及 12 號)，其餘均爲半馬齒種或半硬粒種。籽粒顏色，臺南 9 號爲白色，臺南 16 號爲黃色略帶紫色，餘爲黃色。

臺南 5 號是本省第一個雙雜交玉米品種，親本 OH43、OH45、D 及 C，產量比本地種增加 78% ，生育日數亦較本地種早 15-20 日 (張及謝，1962)。臺南 8 號爲本省第一個抗露菌病玉米品種，親本爲 PH9DMR、DMR 3、PH7 及 PH9，屬早熟種 (張，1968b)。臺

Table 1. Field maize varieties released in Taiwan (1958-1987).

Variety	Hybrid type	Kernel Type	Kernel Color	Year of release	Referance
Tainan No.5	Double cross	Dent	Yellow	1958	35
Tainan No.8	Double cross	Flint	Yellow	1968	31
tainan No.9	Double cross	Semi	White	1969	37
Tainan sel.No.10	Composite	Dent	Yellow	1969	38
Tainan No.11	Double cross	Flint	Yellow	1971	39
Tainan No.12	Double cross	Flint	Yellow	1971	39
Tainan No.16	Double cross	Semi	Yellow and Purple	1984	8
Tainung No.351	Single cross	Semi	Yellow	1984	67
Tainan No.17	Single cross	Semi	Yellow	1987	48
Tainung No.1	Single cross	Semi	Yellow	1987	3

南 9 號親本爲 PF141、A206、PF139及EG 203，對露菌病具有抗性，極早熟，適合各種輪作制度(張及吳，1970a)。臺南選 10 號引自墨西哥，原品種名稱爲 Composite Caribe Amarillo，經多次混合選種而育成，適合管理粗放及乾旱地區栽培，農民可自行留種 (張及吳，1970 b)。臺南 11 號親本爲 2027-3-5、LY22-4、Ph9DMR 及 Ame III，爲專爲抗露菌病而育成，產量略高於臺南 5 號 (張及吳，1972)。臺南 12 號親本爲 Ph 9DMR、LY22-4、Ame III 及 20 15-7，抗露菌病，產量與臺南 11 號相近 (張及吳，1972)。臺南 16 號親本爲 Ame III 及29-5-3、UPCA-1-2-1、P10-2-3 及 P10-7-2，中晚熟品種具高產潛力，唯對黑穗病之抗性稍弱 (杜等，1985)。臺農 351 號爲本省第一個單雜交種飼料玉米品種，親本爲 TA80-2598 及 TA 80-1410，葉片繁茂，莖稈粗壯，根系發達，果穗長但穗莖較粗，具雙穗型 (曾等，1986)。臺南 17 號親本爲 Antigua-2-44-1 及 P-3184-1-3-1，豐產，抗莖腐病、毒素病、輪生期螟害，抗倒伏、倒折及耐濕 (曾等，1991)。臺農 1 號親本爲 TA2808-176 及TA 3651-377，具高產潛力，抗倒伏，籽粒不易破碎，頗能適應機械栽培管理作業 (呂等，1989a)。

二、食用玉米

玉米的利用，遍及世界各地，其消費型式，也因地而異。臺灣生產的玉米，多數作爲飼料用，少數作爲食用，而食用的方式多在果穗尚未成熟前即予收穫 (稱爲 "green maize")，作爲煮食、烤食及蔬菜用。食用玉米的育種條件，除了必須符合飼料玉米的條件之外，還必須符合某些特定要求，如柔嫩、甜度、對病蟲害及不良環境等抵抗性等，都是重要的育種目標。

臺灣早期所栽植之食用玉米，如臺南白、白硬粒種、橘黃硬粒種、紅色硬粒種、深紅馬齒種、山地紅、山地紫、夏威夷甜玉米及美國甜玉米等均爲天然交混交種 (鄭，1963)。目前國內育成之食用玉米品種計有七個，

就雜交種類別觀之，其中五個爲單交種(臺南13、14、18號，蜜玉及華珍)，兩個爲三系雜交種(臺南15號及美珍)。臺南13號及14號屬於普通甜玉米(sugary)，美珍爲糯玉米(waxy)，其餘均爲超甜玉米(shrunken-2)。就果皮顏色而言，僅有蜜玉及美珍爲白色，其餘概爲黃色(表2)。

臺南13號親本爲USDA34-5及PYS-4，果穗大而長，產量高，果皮稍厚，不耐寒，主要供製罐用(張及吳，1976)。臺南14號親本29-4-1-3及82-5-3-1，早熟，多穗，除作鮮食外，作玉米筍栽培亦多(張及吳，1978)。臺南15號親本爲442 sh_2、H.S.8及Comp.2J-4，適應性強，栽培容易，含糖量高達12%，且耐貯藏(張及吳，1980)。臺南18號親本爲Sig-2-1-1及Honey 388-12-1-2，早熟，高產，適合夏作栽培，唯穗型及籽粒色澤稍欠整齊(曾等，1992)。蜜玉、美珍及華珍均爲農友種苗公司所育成，蜜玉呈玉白色，晶瑩剔透，色澤亮麗，籽粒大，果心小，果皮薄嫩，耐高溫，且較抗銹病、葉斑病及玉米螟(張，1986)。美珍屬熱帶型，抗病性強，適應性亦強，可以周年栽培，植株強健，不倒伏(張，1987)。華珍耐熱，耐濕，果皮薄，不倒伏，唯粒色稍淺(淡黃)，株高略高(張，1992)。

Table 2. Green maize varieties released in Taiwan (1973-1991).

Variety	Hybrid type	Mutant	Color	Year of release	Reference
Tainan No.13	Single cross	su	Yellow	1973	40
Tainan No.14	Single cross	su	Yellow	1978	41
Tainan No.15	Three-way cross	sh_2	Yellow	1980	42
Tainan No.18	Single cross	sh_2	Yellow	1990	49
Mi-Yu	Single cross	sh_2	White	1986	32
Mei-Jin	Three-way cross	wx	White	1987	33
Hua-Jin	Single cross	sh_2	Yellow	1992	34

三、青割玉米

臺灣乳牛飼養向以狼尾草及盤固拉草等爲最重要的芻料來源，夏季裡這類熱帶型牧草生長旺盛，芻料供應不虞匱乏；入冬後天氣轉涼，牧草生長遲緩，芻料供應或感不足，在這種情況之下，牛隻往往被迫改換其他芻料，間或有牛適應不良及泌乳量銳減之現象發生。臺南場早在1969年即開始留意青割玉米種源的收集，並應當地酪農的要求，先後提供許多品系供試(如47號等)；農試所也於1986年正式提出青割玉米育種計畫。經過多年的努力，臺南場及農試所分別於1993及1994年各有一個單雜交青割玉米品種通過審查，命名爲臺南19號及臺農2號，其籽粒型態及果皮顏色資料，列如表3。

Table 3. Forage maize varieties released in Taiwan (1993-1994).

Variety	Hybrid type	Kernel Type	Kernel Color	Year of release	Referance
Tainan No.19	Single cross	Semi	Yellow and white	1993	50
Tainung No.2	Single cross	Semi	Yellow	1994	98

臺南 19 號之母本 Tzi 3 係從美國 Dekalb 種子公司引進之自交系，父本 P7910- 376 爲自美國 Pioneer 種子公司引進雜交種後經分離及抗病蟲檢定而育成之自交系，臺南19號較臺農 1 號晚熟些，而其優點共有五項：1.植株性狀整齊，適應性廣，抗倒伏，產量高；2.玉米重要病蟲害，包括莖腐病、矮化型毒素病 (MDMV-B)、銹病 (包括南方型及普通型銹病) 及螟蟲之抗性均比臺農 351 號、臺農 1 號及進口種 XL678 優異；3. 對露菌病具強抗性，種子不需拌藥劑處理，將可減少拌種費用；4.具有抗螟性，可減少幼苗期螟蟲危害適合稻田轉作及裡作栽培；5.將來推廣酪農栽培，生育期間或可減少藥劑用量，確保青割玉米芻料之食用安全 (曾等，1993)。臺農 2 號之母本及父本自交系分別爲 SW558 及 TA3651 -377，母本係由泰國 Kasetsart 大學引進之抗露菌病種源 Suwan -1 DMR 經自交分離育成，父本 TA3651-377 係由美國夏威夷大學引進之自交系 Hi 31 經純化選出者，綜合兩年區域試驗臺農 2 號青割鮮草產量較對照種臺南白高 25.7% ，較臺農 351 號增加 14% ，較臺農1 號高 1.6% 。莖稈粗壯，株型高大，穗位與臺農 351 號及臺農 1 號高度相近，抗倒伏性強，果穗爲 1-2 穗，自糊熟期至生理期成熟期皆可收割，屬中晚熟品種，適合本省耕作制度，對普通型銹病及露菌病具有高度抗性，抗煤紋病爲中抗，但不抗矮化嵌紋毒素病 (謝等，1994)。

四、其他相關研究

1.族群與自交系改良

黃等 (1990b) 及張等 (1994) 分別針對經農民長期自行留種之臺灣 7 個不同地區之臺南白玉米族群進行調查，發現各族群間之農藝性狀及 zein 含量與 zein 族分子確實已有了顯著差異。臺南白玉米族群公頃產量對混合選拔的反應很小或甚至沒有，而以產量爲選拔目標經混合選拔各族群的植株及果穗性狀亦沒有任何明顯的改變 (楊及黃，1991a, 1991b)。混合選拔對臺南白玉米之實際充實期、有效充實期及充實速率之改變亦不明顯，實際充實期則對臺南白玉米的鮮果穗產量影響最大 (楊及黃，1991b)。自普通型及南方型銹病抗病族群及 CIMMYT 引進之 ETO Illinois 族群中分別逢機 580 個 S_1 系統及 219 個同親兄妹後裔 (full-sib progenies)，盧等 (1990, 1992)對此二族群之變異性及利用潛力已獲得初步的瞭解。利用相對顯隱性基因數目及親疏關係值的估算，在許多引進之自交系及族群中，已確定族群 Mezcla Amarilla 及 TropicalEarly Yellow Dent

可作爲改良自交系 TA2808- 176 (臺農1號母本) 之來源，而 RBS10 C 可作爲改良自交系 TA 3651- 377 (臺農 1 號父本) 之來源 (盧，1988；盧等，1993)。

2.基因型與環境之交感效應

不同年度及播種期均顯著影響臺南白玉米之開花期及吐絲期所需的天數、生長累積溫度及玉米熱單位 (黃等，1990a)。高雄地區種植的臺南白玉米植株性狀及果穗性狀的表現均高於臺北地區，而春秋二期作，以春作表現較佳 (楊等，1991b)。陳及陳 (1984) 以 3 個世代與 9 個轉座系統所構成的 27 個純質族群探討基因型與栽培環境的關係，結果發現世代間的不同是影響各族群性狀變異的主要因素，而系統的不同與世代×系統的交感效應影響甚微。4 個單交種在臺中及臺北兩地進行 12 個月週年栽培，證實日夜溫差是影響 4 個單交種總乾物重表現的最重要因子 (陳等，1985)。異質性族群之品種 (如臺南白及臺南 16 號) 之變異性大於均質性品種 (如臺農 351 號)，就穩定而言，臺南白生育日數並不穩定，而株高及穗重則屬穩定；臺農 351 號之種實性狀則不穩定 (陳及連，1989)。在不同粒型組合中，各性狀的 GCA 及 SCA 效應，隨期作環境的變異而有不同的強度 (謝及曾，1993a, 1993b)。黃等 (1991) 以 4 個自交系及其所形成之 12 個 F_1 組合之試驗中，發現氮肥施用量間，11 個農藝性狀雜種優勢的表現沒有一致的趨勢，而於不同栽植密度間大多數性狀的雜種優勢之表現隨栽植密度之下降而下降。呂及曾 (1993)、呂等 (1995) 分別以玉米綜合品種及單交種研究穩定性分析方法，得知非介量穩定性分析法在農業上具應用價値，唯對地區及年度均爲不可重複。

3.生物技術之應用

以 U-67 甜玉米成熟胚癒合組織所誘導的 200 株幼苗，經移植溫室繼續培植並套袋自交，發現後裔中頗多體細胞突變體 (somaclones)，植株變異有矮化、皺葉、捲葉、缺雄穗或雌穗、白苗、雌雄同穗及雄不稔等現象 (廖及蔡，1991a, 1991b)。谷 (1990) 亦曾進行玉米花藥培養及其單倍體育種之研究。利用組織培養技術篩選耐鹽性玉米，結果在 9 個參試品系中，發現 84F-14(A)、86SI-6 及 E-26 之幼胚可生長於 0.9% NaCl 水耕液中10 天，屬高耐鹽性(楊，1989)。馬 (1991) 用 156 個 DNA 探針，以南氏印 (Southern b lotting) 方法，觀察一個玉米自交系及其二個含抗病基因的回交六代後選得的回交品系，發現此二回交品系僅有原先品系的 87-89% 的基因組，而非理論値的 99.2% ，此點發現也同時印證許多育種家的多年經驗，即以回交法引入抗病基因到一優良品系後，雖能增加抗某一病害的能力，但其他不良性狀亦隨之而來，且很難在育種過程中除去。

4.特殊基因的研究

萬等 (1968) 自美國伊利諾大學引進 opaque-2 高離胺酸玉米 (暗玉米)，利用回交法將之導入普通型玉米自交系，研究 opaque-2 蛋白質含量之遺傳，發現 F_1 爲中間型，但有高蛋白爲顯性的傾向，此可能係由於基因常使玉米籽粒的胚增大而增加玉米蛋白質含量所造成 (萬等，1978)。普通玉米花粉對 opaque-2 玉米蛋白質及離胺酸含量頗有影響，花粉直感效應使 opaque-2 玉米之此二種成分減低至和普通型玉米相近 (萬等，

1981)。opaque-2 雙雜交種玉米之穩定性和普通玉米類似，唯產量較低(約爲普通玉米之 80-85%)，因此，在臺灣無推廣價值(呂等，1983)。涂(1985)對鑲嵌型 opaque-2 玉米胚乳進行遺傳研究，結果發現鑲嵌基因無顯性作用，鑲嵌系統具有劑量或母本作用，或與 opaque-2 基因產生特殊交感作用；同型結合的 opaque-2 基因對鑲嵌基因只能在 +/+ 或 +/opaque-2 基因型中表現其作用。謝等(1985)自美國引進有關 ae (amylose extender)、su_2 (sugary 2)、wx (waxy) 等基因其共 12 個品系進行分析研究。對於移位因子之遺傳變異與對玉米改良的關係，黃(1990)已有一番心得。bt_2 和 sh_2 兩個基因中之任何一個發生突變，除了直接影響胚乳內澱粉的合成外，也減低 zein 的製造，主因是突變體堆積高濃度的糖分而降低 osmotic potential，由此進一步抑制氨基酸經胚乳的運送，胚乳中由於氨基酸含量的減少而抑制 zein 的合成(蔡，1993)。wx 基因在形成配子體及授精時競爭力較弱，子實含水量較少，百粒重較輕，唯此種差異與親本之遺傳背景有關(陳與劉，1984a；劉與陳，1985b)。Huang (1987) 以花粉分析方法估算 wx 基因座之基因內重組頻率，探討外來種源 (exotic germplasm) 之利用潛力；同時亦發現配子體競爭能力受親本之遺傳背景影響頗距。wx 基因造成開花延遲，sh_2 不僅延遲開花，同時使株高、籽粒行數、子實重、百粒重降低；兩基因的交感效應極爲顯著(劉等，1990)。

5.抗病蟲害及抗其他逆境之種源的篩選

臺灣早期之玉米發展史，也包括了一段相當長的玉米與露菌病之戰鬥史，露菌病曾造成玉米極嚴重的危害，減產幅度高達 30-60% 之間。因此，在 Ridomil 未被用來拌種以防治露菌病以前，過去所有欲命名推廣之玉米品種，必須具有抗露菌病之特性(張，1968a；張及林，1968)。隨後，嵌紋病(曾，1984；鄧，1985；鄧及楊，1988；鄧等，1989)、銹病(葉，1984, 1986, 1992；盧等，1990)、煤紋病(葉及蔡，1987, 1988)、葉枯病(吳及王，1987；謝及盧，1993)、莖腐病(蔡等，1991)及黃麴菌(萬等，1993)之抗性檢定與篩選方法之研究，都受到了重視，不等抗病程度的品系也相繼被發掘出來。郭等(1991)對亞洲玉米螟之抗蟲性檢定研究中，發現熱帶及溫帶型自交系間對玉米螟之平均抗性無顯著差異，玉米植株開花期與輪生期受到亞洲玉米螟之爲害程度並無顯著相關；某些材料之抗螟等級會因栽培環境改變而發生不穩定(郭等，1990)。配合育種工作，抗螟品系的篩選工作正持續進行著，抗蟲品系亦每年均有所獲 (Chen and Lu, 1992, 1993, 1994)。玉米耐寒性之遺傳研究，陳等(1984)發現氣孔開度不足以作爲成株耐寒性的指標，而幼苗與成株對於低溫的反應機制並不相同。F_1 植株初期的耐寒力表現介於二親之間，但到幼株期，則因雜種優勢的表現，耐寒力反而較二親本高(陳及滕，1985)。低溫發芽、發芽係數、幼苗葉片數及莖葉乾重均可作爲選種指標，耐寒性具雜種優勢現象，但由於母本效應影響，正反交組合表現不一致，故育種上宜審慎選擇親本及雜交組合方式(何等，1992a, 1992b)。耐鹽性品系不論其地上部或根系之 acid phosphatase 活性隨鹽分之處理而有增加之

趨勢 (潘，1984)；幼胚在 0.9% 氯化鈉水耕液中存活較久之耐鹽品系也曾被發現 (楊，1989)。Wu et al. (1995) 比較 41 個自交系對氨態肥的反應，證實某些品系對高濃度氨態氮肥的忍受能力遠大於其他參試品系。

6.性狀相關與遺傳分析

洪等 (1983) 使用 10 個自交系及其 8 個 F_1 雜種研究性狀間之相關，結果推測若能選育在吐絲期具有高葉面積指數之自交系爲親本，進行雜交，則其雜種F可望得到高產。運用全互交分析法，或因試驗材料與環境的不同，對性狀間的相關及遺傳方式總有不一致的解釋。呂等 (1989b) 之研究中發現，吐絲期、成熟期、籽粒行數爲不完全顯性，另外，成熟期、葉片數、植株乾物重、籽粒行數、籽粒深度及百粒重之狹義遺傳平均高於 70% 。林及陳 (1986) 之研究中，則認爲除了株高爲部分顯性外，其餘性狀均屬超顯性。莊等 (1986) 發現粒重及 zein 蛋白質含量有極顯著正相關，而籽粒產量與粒重及 zein 蛋白質含量呈顯著正相關，粒重及 zein 蛋白質含量又分別與其本身之直線生長速率呈極顯著及顯著正相關。多數研究報告中均指出異粒型組合 (硬粒種×馬齒種) 較同粒型組合 (硬粒種×硬粒種或馬齒種×馬齒種) 有較高的雜種優勢表現 (呂，1983；莊等，1986；謝及曾，1993a, 1993b)，同時强調自交系產量與其 GCA，最高 SCA 及最低 SCA 間無顯著相關存在，顯示組合力之强弱不能以自交系之產量作爲育種選拔之指標 (林及陳，1986)；而育種過程中，何者爲母本，何者爲父本，須視所欲改良的性狀而定，必須慎重，不可倒置 (林及陳，1986；謝等，1991)。陳及劉 (1984b) 利用回交法建立全套轉座染色體同源系，提供國內外玉米遺傳育種學家進行玉米數量性狀之研究和改良。應用玉米染色體轉座材料，劉及陳 (1978) 釐定出抗赤修病基因之座落位置。玉米存活植株基因型之分離率、花粉稔實率及結實率顯著受到轉座效應的影響，且影響存活植株基因型之分離率、花粉稔實率及結實率所屬的轉座系統不同 (陳等，1987)。轉座效率應對於植株性狀影響較不明顯，但對於果穗性狀的影響則極爲顯著 (陳及林，1986)。轉座效應對於 F_1 出土率無明顯影響，可推論造成植株傳遞率 (存活率) 之差異主要在於接合子形成及胚發育過程 (陳等，1987)。又估算不同親本間六環體 F_1 族群幼苗生長勢並無差異之現象，顯示在 F_1 世代不同之染色體轉座對幼苗之生長具有相當之影響 (劉及陳，1984)。不同轉座染色體組合對玉米結實率有不同程度的影響，轉座同接合(II)系統之平均結實率爲 79.9% ，四環體爲 42.0-50.0% ，六環體爲 21.4-25% (黃及陳，1980；劉及陳，1985a, 1986)。

7.採種技術的探討

張及劉 (1986, 1987) 分別以自交系及單交種爲材料，比較不同授粉時間與方式對結實率與每穗子實數的影響，發現吐絲後第二天下午剪去花絲及重複授粉次數多者之效果最好。陳 (1985) 爲改進採種技術，提升種子品質及降低採種成本，曾就採種圃之設置、採種田栽培技術、種子之調製及貯藏、種子生產成本、雜交玉米採種數量與種子推廣的關係進行分析研究。莊等 (1993) 研究玉米種子純度鑑定之電泳圖譜，發現玉米種

子儲藏蛋白醇溶蛋白在等電點洋菜膠電泳系統之分析圖譜中，臺農351號之父本親表現全為一個型，母本親則有三個型；臺南17號之父本親有兩個型，母本親為一個型；臺農1號之父本親及母本親各表現為一個型；可作為三單交種種子生產過程中親本之種子純度鑑定圖譜。雜交一代種子中自交系之母本種子則可利用適當之同功酶圖譜檢出；臺南17號檢試異檸檬去氫酶 (ICD, isocitric dehydrogenase) 圖譜，臺農1號檢試酯酶 (EST, esterase) 圖譜，臺農351號檢試過氧化氫酶 (CAT, catalase) 圖譜，以檢出各自交之母本種子。因此，當運用電泳法於此三個單交玉米種子生產系統之混雜或純度檢定時，宜聯合胚乳部醇溶蛋白之電泳分析和苗期芽鞘 (coleoptilar) 中適當之同功酶電泳分析，兩方面同時進行檢定。

未來展望

臺灣玉米品種改良與栽培技術改進成功，以及在政府實施保價收購辦法鼓勵之下，農民收入穩定，種植玉米的意願大為提高，栽培面積逐年增加。然而，就臺灣飼料玉米之生產成本結構觀之，臺灣玉米每公斤之生產成本為12.0元，此約為美國之3.5倍之多。生產成本中，人工費、機工費及肥料費約各佔39.5、20.0及14.1% (吳，1991)。臺灣玉米生產成本偏高的諸多原因中，以農場經營規模太小、機械成本太高、作物輪作方式不完善以及農藥肥料使用不當等最為主要。

為降低玉米生產成本，政府已朝下列幾個方面去努力：(1)擴大農場經營規模，鼓勵集團栽培或委託代營，提高機械效率，減少單位面積工作時數，節省人工費及機械使用費之支出；(2) 調整輪作制度，有效利用土地資源，使玉米能夠適地適時栽培，發揮最大潛力；(3) 推行不整地栽培，在通氣良好之田地進行，將可達到省工的效果；(4) 加強選育適應機械化栽培管理之高產質優玉米品種，希望在單位產量或單位營養價值的基礎上，使生產成本相對的降低。經過三年的努力，目前飼料玉米的生產成本已降至9-10元左右，不過，這和進口玉米之低價位，尚有一段距離。

將來加入關貿總協 (GATT) 之後，受到貿易國際化與自由化的衝擊，政府已難運用保護政策促使國內農業繼續發展。在沒有保證價格收購的情形下，如果玉米生產成本仍高，國際競爭能力必弱，農民無利可圖，飼料玉米將乏人問津，如何調整研究方向，選育特殊營養成份及配合其他產業用途之品種，並能兼顧降低生產成本，維護環境品質，善用日漸枯竭的水源，都是不可忽視的問題。

因此，除了加緊開發特殊用途之多樣化品種 (如糯玉米、超甜玉米、彩色玉米、爆米花玉米) 外，一般玉米育種目標亦宜作適時的調整，其中最主要的將有下列數項：

(1)成熟時籽粒水分乾燥速率宜快，以降人工乾燥成本。

(2)具有更強的抗病性及抗蟲性減少農藥使用。

(3)具有高產潛力如耐密植及高氮肥利用率。

(4)具有硬胚乳及堅實果皮，以減少機械採收時之破碎及倉貯蟲害。

(5)有效利用氨態氮的能力，以減少地下水NO_3^-及NO_2^-之污染。

(6)具有耐旱性以減少水資源之成本。

(7)具有耐寒性以提早播種或於裡作栽培而

生育快速。

結　　論

臺灣早期種植之玉米，不管作爲牲畜飼料或人類食用，均爲天然混交種。此種天然混交種，由於遺傳背景較雜，對特殊環境具有一定的適應性，然而產量不高及不穩定乃是其缺點。爲因應農業變遷的需要，玉米研究人員歷經四十多年的勤奮工作，終於育成10個飼料玉米品種、7個食用玉米品種及2個青割玉米品種。這些品種或早熟，或抗病，或高產，或高營養成分，或高甜度，或具糯性，或風味特殊，或特別適合作爲青飼或青貯之用，每一品種均各有特色，且能配合每一階段之任務導向。其他相關的研究，如族群與自交系改良、基因型與環境交感作用、生物技術之應用、特殊基因的研究、抗病蟲及抗其他逆境之種源的篩選、性狀相關與遺傳分析、採種技術的探討等均有相當成效。在急遽變化的經濟結構中，玉米研究工作宜重新考量降低生產成本、維護環境品質、善用日漸枯竭的水資源及開發更有競爭能力之特殊產品等問題。因此，育種目標亦應朝選育具多種病蟲害抵抗性、低肥條件下生長良好、適合機械管理及耐旱性強之多樣化玉米新品種去努力。

參考文獻

1. 臺灣省政府主計處。1990。臺灣省農產品生產量質。臺灣省統計年報 50：174。
2. 呂宗佳。1983。玉米測交與全互交分析。中華農業研究 32：312-324。
3. 呂宗佳、盧煌勝、劉孔生、謝光照、何千里。1989a。單雜交玉米臺農一號之育成。中華農業研究 38：1-18。
4. 呂宗佳、鄔宏潘、盧煌勝、劉孔生、何千里、謝光照。1989b。玉米植株及子粒生長性狀之遺傳研究。玉米之生理遺傳與育種 中央研究院植物研究所專刊 7：29-45。
5. 呂宗佳、盧煌勝、萬雄。1983。雙交種暗玉米產量穩定性之研究。中華農業研究 32：219-227。
6. 呂秀英、曾清田。1993。非介量穩定性分析法之研究。II.農業觀念之穩定性選拔。中華農學會報 164：1-16。
7. 呂秀英、謝光照、何千里。1995。非介量穩定性分析法之重複性。中華農學會報 170：(排印中)。
8. 杜金池、曾清田、曾建銘、王清德。1985。雙雜交玉米臺南16號之育成。臺南區農業改良場研究彙報 19：1-12。
9. 谷明光。1990。玉米花藥培養及其單倍體育種。植物體細胞遺傳與作物改良：102-134。
10. 何千里、呂宗佳、李成章。1992a。玉米在低溫下發芽之遺傳研究。宜蘭農工學報 4：83-102。
11. 何千里、呂宗佳、李成章。1992b。玉米幼苗在低溫下生長之遺傳研究。宜蘭農工學報 4：103-122。
12. 林順福、陳成。1986。玉米主要農藝性狀組合力之研究。中華農學會報 136：6-14。
13. 吳文希、王伯徹。1987。玉米葉枯病原小種，交配型與病原性及栽培品種抗病性的測定。植物保護學會會刊 29：13-24。
14. 吳則雄。1991。1990年期雜糧作物生產成本分析。雜糧與畜產 210：2-7。
15. 洪梅珠、曾富生、涂勳。1984。玉米產量形成過程中自交系與其雜種F間之相關。

農林學報 32：65-72。
16.涂勳。1985。玉米鑲嵌胚乳遺傳及其對蛋白質品質影響之研究。農藝彙報 7/8：1-16。
17.郭能成、陳成、曾清田。1990。玉米葉部對亞洲玉米螟 *Ostrinia furncalis* (Gucen'ee)之抗蟲性檢定、比較與穩定性分析。國立臺灣大學農學院研究報告 30：114-122。
18.郭能成、陳成、曾清田。1991。開花期玉米對亞洲玉米螟 *Ostrinia furncalis* (Gucen'ee)之抗蟲性檢定、比較與穩定性分析。國立臺灣大學農學院研究報告 31：98-107。
19.陳成、林順福。1986。玉米染色體轉座之研究(Ⅰ)染色體轉座對於農藝性狀之影響。國立臺灣大學農學院研究報告 26：1-12。
20.陳成、連大進。1989。玉米種質與環境交感效應之研究。玉米之生理遺傳與育種中央研究院植物研究所專刊 7：9-28。
21.陳成、劉孔生。1984a。玉米蠟質基因於雌雄配子體之競爭效應。科學發展月刊 11：1373-1380。
22.陳成、劉孔生。1984b。玉米全套染色體轉座同源系之建立。國立臺灣大學農學院研究報告 24：55-64。
23.陳成、陳耀煌、李成章、周微茂。1985。玉米在不同地域及週年栽培環境下之穩定性。中華農學會報 130：24-36。
24.陳成、劉景平、林順福。1987。玉米染色體轉座效應之研究(Ⅱ)染色體轉作效應對傳遞率之影響。國立臺灣大學農學院研究報告 27：1-8。
25.陳成、滕民強。1985。玉米逆境生育下之遺傳育種研究。雜糧作物試驗簡報 26：130-150。
26.陳耀煌、陳成。1984。玉米不同世代組合之純質族群對於栽培環境之反應。國立臺灣大學農學院研究報告 24：47-54。
27.陳耀煌、陳成、陳宗禮、周微茂、李成章。1984。玉米耐寒性種質的篩選與檢定。中華農學會報 128：17-28。
28.陳國雄。1985。臺灣地區雜交玉米採種之研究。臺灣省政府農林廳種苗繁殖場試驗報告 7：1-13。
29.馬馭。1991。以DNA標記再探討玉米之回交育種。中央研究院植物學彙刊 32：179-186。
30.張新吉。1968a。玉米露菌病抵抗性之遺傳研究。玉米研究中心研究彙報 6：1-6。
31.張新吉。1968b。雜交玉米新品種臺南八號之育成。臺南區農業改良場研究彙報 1：11-12。
32.張新吉。1986。白色超甜玉米「蜜玉」的特性和栽培要點。園藝之友 14-16。
33.張新吉。1987。介紹臺灣省第一個雜交糯玉米品種「美珍」。臺灣之種苗 9：9-10。
34.張新吉。1990。超甜玉米「華珍」(發表中)。
35.張新吉、謝桑煙。1962。雜交玉米"臺南5號"之育成。玉米研究中心研究彙報 1：1-3。
36.張新吉、林輝雄。1968。玉米露菌病對產量之影響。玉米研究中心研究彙報 6：7-10。
37.張新吉、吳炎融。1970a。早熟雜交種「臺南九號」之育成。玉米研究中心研究彙報 8：31-36。
38.張新吉、吳德雄。1970b。玉米綜合品種「臺南十號」之選拔。玉米研究中心研究彙報 8：37-42。
39.張新吉、吳炎融。1972。雜交玉米臺南11號及臺南12號之育成。玉米研究中心研

究彙報 9：1-5。

40.張新吉、吳炎融。1976。雜交玉米"臺南13號"之育成。玉米研究中心研究彙報 11：12-15。

41.張新吉、吳炎融。1978。抗露菌病雜交甜玉米"臺南14號"之育成。玉米研究中心研究彙報 12：9-14。

42.張新吉、吳炎融。1980。雜交甜玉米臺南十五號之育成。玉米研究中心研究彙報 14：1-12。

43.張平順、劉景平。1986。玉米最適授粉方式之探討(Ⅰ)單交玉米系統間之最適授粉方式。嘉義農專學報 14：21-29。

44.張平順、劉景平。1987。玉米最適授粉方式之探討(Ⅱ)玉米自交系之最適授粉方式。嘉義農專學報 15：195-203。

45.張世融、盧虎生、黃懿秦、朱鈞。1994。不同地區臺南白玉米貯藏性蛋白質(zein) 之含量與變異。中華農藝 4：129-135。

46.莊周瑞、盧英權、呂宗佳。1986。玉米不同粒型種源間子粒zein蛋白含量、粒重及產量差異之研究。中華農業研究 35：253-262。

47.莊淑貞、胡凱康、陳榮芳、王小華、林俊義。1993。單雜交玉米種子純度鑑定之電詠圖譜。中華農藝 3：63-73。

48.曾清田、陳振耕、曾建銘。1991。單雜交玉米臺南17號之育成。臺南區農業改良場研究彙報 26：22-31。

49.曾清田、詹碧蓮、曾建銘。1992。超甜玉米新品種「臺南 18 號」之育成。臺南區農業改良場研究彙報 29：23-40。

50.曾清田、陳振耕、張新吉。1993。青割玉米臺南 19 號之育成。青割玉米新品系南育 Si-16 號申請登記命審查資料。

51.曾建銘。1984。玉米品種對不同甘蔗嵌紋病型系之反應。臺灣省臺南區農業改良場研究彙報 18：47-52。

52.葉忠川。1984。玉米銹病判別與抗病篩選。中華農業研究 33：306-315。

53.葉忠川。1986。玉米銹病菌之研究。中華農業研究 35：91-93。

54.葉忠川。1992。玉米銹病之生物學及抗病育種。植物保護學會會刊 34：75-79。

55.葉忠川、蔡阿輝。1987。玉米煤紋病抗病篩選與抵抗性之研究。中華農業研究 36：406-412。

56.葉忠川、蔡阿輝。1988。臺灣玉米煤紋病菌之生理小種。中華農業研究 37：68-75。

57.黃懿秦。1990。移位因子、遺傳變異與作物改良。園藝作物育種講習會專刊臺灣省農業試驗所特刊 31：121-140。

58.黃懿秦。1993。臺灣栽培環境下玉米品種之演變。海峽兩岸作物生產與環境相關研討會發表論文選輯大陸農業專題研究 8：138-140。

59.黃懿秦、陳成。1980。玉米不同轉座染色體組合對結實率之影響。中華農學會報 110：23-37。

60.黃懿秦、曾美倉、謝兆樞。1989。不經人爲選拔之玉米自交系與其雜交F間之關係初探。玉米之生理遺傳與育種 中央研究院植物研究所專刊 7：1-8。

61.黃懿秦、楊文煌、曾美倉、謝兆樞。1990a。不同環境下「臺南白」玉米品種開花及吐絲所需之天數，生長積溫及熱量單位的比較 。國立臺灣大學農學院研究報告 30：40-51。

62.黃懿秦、楊文煌、曾美倉、謝兆樞。1990b。不同地區之臺南白玉米族群間農藝性狀差異性之比較。國立臺灣大學農學院研究報告 30：52-59。

63.黃懿秦、彭雲明、曾美倉。1991。氮肥施用量與栽培密度對玉米雜種優勢的影響。中華農藝 1：115-130。

64.萬雄、張新吉、湯文道。1968。玉米蛋白質品質的改良及營養價值。科學農業 16：189-196。

65.萬雄、呂宗佳、鄭心嫺。1978。暗玉米(opaque-2)蛋白質含量之遺傳。中華農業研究 27：53-60。

66.萬雄、呂宗佳、盧煌勝、鄭心嫺。1981。花粉來源與雜交組合對暗玉米蛋白質、離胺酸及油分含量的影響。中華農業研究 30：341-349。

67.萬雄、呂宗佳、盧煌勝、何千里。1986。單雜交玉米臺農351號之育成。中華農業研究 35：11-22。

68.萬雄、葉忠川、陳紹崇。1993。玉米黑麴菌之抗性檢定與篩選方法之研究。華岡農科學報 6：35-43。

69.鄧汀欽。1985。玉米矮化嵌紋病毒B型系統之鑑定與抗病檢定。中華農業研究 34：195-206。

70.鄧汀欽、楊一郎。1988。玉米品種對矮化嵌紋病毒之反應。中華農業研究37：196-206。

71.鄧汀欽、楊一郎、蔡淑娓。1989。嵌紋病對玉米生育之影響及篩選抗病品系用於田間之效益。中華農業研究 38：446-457。

72.楊文煌、黃懿秦。1991a。混合選拔對臺南白玉米族群產量及其他農藝性狀之影響。中華農藝 1：131-146。

73.楊文煌、黃懿秦。1991b。臺南白玉米族群經混合選拔後子實充實期及充實速率與其產量之關係。中華農藝 1：195-206。

74.楊文煌、黃懿秦、曾美倉、黃賢喜。1991。不同栽培環境對臺南白玉米產量及藝性狀的影響。中華農藝 1：293-308。

75.楊居成。1989。組織培養技術應用於玉米耐鹽性之研究、玉米之生理遺傳與育種中央研究院植物研究所專刊 7：167-176。

76.農林廳。1954-1994。臺灣農業年報。臺灣省政府農林廳。南投。

77.鄭仲孚。1963。臺灣雜糧作物品種圖說，pp.167-191。臺灣省政府農林廳，南投。

78.蔡武雄、段中漢、杜金池。1991。玉米莖腐病抗病品種之篩選方法。中華農業研究 40：45-51。

79.蔡嘉寅。1993。玉米胚乳內 zein 的合成和功能。植物學學術研討會編交集中央研究院植物研究所專刊 13：47-55。

80.潘素美。1984。玉米耐鹽性的研究(一)耐鹽品系的篩選及其 Acid phosphatase 活性的測定。中華農學會報 127：58-67。

81.劉孔生、陳成。1978。利用玉米全套轉座染色體材料釐定抗病基因之座落位置。中華農學會報 104：5-12。

82.劉孔生、陳成。1984。玉米全套染色體轉座於不同世代組合對砂耕幼苗生長勢之影響。科學發展月刊 11：1381-1400。

83.劉孔生、陳成。1985a。染色體轉座對玉米結實率影響之研究。中華農業研究 34：11-20。

84.劉孔生、陳成。1985b。蠟質基因對於玉米子實容積重及砂耕幼苗生長勢之影響。中華農業研究 34：428-436。

85.劉孔生、陳成。1986。玉米雙對染色體轉座之成株農藝性狀對子實產量之影響。中華農業研究 35：424-436。

86.劉孔生、呂宗佳、盧煌勝、謝光照、何千里、蕭建興。1990。皺縮及蠟質基因對玉米農藝性狀之影響。宜蘭農工學報 2：37-49。

87.廖成康、蔡新聲。1991a。玉米未成熟胚培養(一)影響癒合組織形成因子之研究。

中華農藝 1：101-113。
88.廖成康、蔡新聲。1991b。玉米未成熟胚培養(二)癒合組織的生長及分化研究。中華農藝 1：169-184。
89.盧煌勝。1988。優良單交種玉米之親本改良(Ⅰ)理想供給親自交系之鑑別。中華農業研究 37：360-365。
90.盧煌勝、何千里、謝光照。1992。玉米族群 ETO Illinois 之遺傳變異產量與潛力。中華農業研究 41：331-337。
91.盧煌勝、何千里、謝光照。1993。優良單交種玉米之親本改良(二)理想族群之鑑別。中華農藝 3：101-112。
92.盧煌勝、蔡武雄、謝光照、何千里。1990。玉米普通型銹病及南方型銹病抗病族群之評估。 中華農業研究 39：269-276。
93.盧煌勝、萬雄。1980。 臺灣玉蜀黍增產可能途徑及解除限制因素之對策。科學農業 28(3-4)：85-90。
94.謝光照、盧煌勝、何千里。1991。玉米開花期、吐絲期、頂穗節位及葉數之全互交分析。中華農業研究 40：365-374。
95.謝光照、盧煌勝。1993。玉米成株抗葉枯病之全互交分析。中華農業研究 42：12-18。
96.謝光照、曾富生。1993a。玉米子粒產量及藝性狀在期作與不同粒型組合之變異。中華農業研究 42：345-355。
97.謝光照、曾富生。1993b。玉米不同粒型組合之子粒產量及農藝性狀在期作間組合力之表現。中華農業研究 42：356-369。
98.謝光照、何千里、呂宗佳、劉乳生、盧煌勝。1994。青割玉米單雜交種臺農 2 號之育成。中華農業研究 43：354-372。
99.謝兆樞、黃懿秦、曾美倉。1986。省產玉米顆粒澱粉含量的改良。臺大學藝學系 p.3。
100.Chen, B. H. and H. S. Lu. 1992. Screening corn for resistance to Asian corn borer. Annual Plant Resistance to Insects Newsletter 18:126.
101.Chen, B. H. and H. S. Lu. 1993. Screening corn for resistance to Asian corn borer. Annual Plant Resistance to Insects Newsletter 19:88-89.
102.Chen, B. H. and H. S. Lu. 1994. Screening corn for resistance to Asian corn borer. Annual Plant Resistance to Insects Newsletter 20:78.
103.Huang, Y. C. 1987.Preliminary study on the effect of exotic germplasm on intragenic recombination at waxy locus in maize. *In*: Crop Exploration and Utilization of Genetic Resources. Taichung DAIS Special publication 8:101-104.
104.Wu, H. R., G. J. Shieh, H. S. Lu, S. H. Wan, J. A. Stromberger, and C. Y. Tsai. 1994. Biochemical traits of ammonium utiliza- tion in maize. Proc. The 7th Internation Congress of SABRAO. Academia Sinica, Taipei, Taiwan. pp.595-608.

The Achievement and Prospect of Maize Breeding in Taiwan

Hung-shung Lu

Department of Agronomy
Taiwan Agricultural Research Institute
Wufeng, Taichung, Taiwan 41306, ROC

Originally as a minor crop grown in splope and upland fields under rice-based cropping system in Taiwan, maize development has been increased both in demand and in multiple-use after the change of agricultural policy. For past forty years, local maize breeder have done their best in collecting germplasms and using breeding strategies, and have developed 10 field maize, 7 green maize and 2 forage maize varieties as well as tremendous accomplishment in relative researches. Looking into future prospect, lowering production cost, maintaining environmental quality, well-distributing the running out water resource, and developing more competitive special products are important objectives to overcome. Hence, development of hybrids with multiple pest resistance, better performance in low fertilizer condition, suitability for machine management and high drough tolerance is urgently needed.

Keywords: Maize, Varietal improvement.